

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Ana Uremović

Koloidni sustavi i njihove osobine

završni rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

Koloidni sustavi i njihove osobine

Nastavni predmet

Fizikalna kemija

Predmetni nastavnik: izv. prof. dr. sc. Lidija Jakobek

Student/ica: Ana Uremović

(MB: 3516/11)

Mentor: izv. prof. dr. sc. Lidija Jakobek

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena:

Potpis mentora:

Naslov: Koloidni sustavi i njihove osobine

Sažetak: Koloidni sustavi se svrstavaju u disperzne sustave veličine čestica 1-100 nm. Sastavljeni su od disperzne faze koja je fino razdijeljena u disperznom sredstvu. Primjeri koloidnih sustava su koloidna otopina ili sol, gel, emulzija, tekući ili kruti aerosol, pjena. Koloidni sustavi imaju važnu ulogu u industriji. Koriste se u proizvodnji lijekova, kozmetike, boja, prehrambenih i poljoprivrednih proizvoda. Cilj ovog rada bio je opisati osnovne karakteristike koloidnih sustava, opisati njihova svojstva (Tyndallov fenomen, Brownovo gibanje, sedimentacija i električna svojstva), strukturu (liofilni i liofobni koloidi) i koagulaciju te dati primjere nekih koloidnih sustava u prehrambenoj industriji.

Ključne riječi: Koloidi, svojstva koloida, koagulacija koloida

Title: Colloid systems and their properties

Summary: Colloids are one of dispersion systems, with particle size from 1 to 100 nm. They are composed of disperse phase which is dispersed in a continuous medium called dispersion medium. Examples of colloidal systems are colloidal suspensions or sol, emulsions, solid or liquid aerosols, and foams. Colloids have an important role in the industry. They are used in the production of drugs, cosmetics, paints, foods and agricultural products. The aim of this work was to describe basic characteristics of colloid systems, their properties (Tyndall effect, Brownian motion, sedimentation, and electrical properties), structure (lyophilic and lyophobic colloids) and coagulation and to give examples of some colloidal systems in the food industry.

Keywords: Colloids, colloid properties, coagulation

Zahvaljujem se svojoj mentorici prof. dr. sc. Lidiji Jakobek na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade završnog rada.

Također zahvaljujem obitelji na pruženoj potpori tijekom studiranja.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Koloidni sustavi	2
2.2. Opće karakteristike koloidnih sustava	3
2.2.1. Koloidne otopine ili solovi	3
2.2.2. Gel	4
2.2.3. Emulzija	5
2.2.4. Pjena.....	6
2.2.5. Aerosol	7
2.3. Struktura koloida.....	7
2.3.1. Liofilni koloidi	7
2.3.2. Liofobni koloidi.....	8
2.3.3. Amfipatični ili asocirani koloidi	8
2.4. Svojstva koloidnih otopina	9
2.4.1. Tyndallov fenomen	9
2.4.2. Brownovo gibanje	10
2.4.3. Sedimentacija.....	11
2.4.4. Električna svojstva.....	11
2.5. Metode odvajanja koloidnih čestica od pravih otopina.....	12
2.5.1. Dijaliza	12
2.5.2. Ultrafiltracija	13
2.6. Koagulacija- taloženje koloida.....	13
2.6.1. Koagulacija dodavanjem elektrolita.....	13
2.6.2. Koagulacija dodavanjem drugog koloida suprotnog naboja.....	14
2.6.3. Koagulacija liofilnih koloida.....	14
2.7 Koloidni sustavi u prehrambenoj industriji	14
3. ZAKLJUČAK.....	16
4. LITERATURA.....	17

1.UVOD

Koloidni sustavi predstavljaju podvrstu disperznih sustava čestica veličine od 1 do 100 nm. Prema svojstvima disperzne faze i disperznog sredstva dijele se na koloidne otopine ili solove, tekuće ili krute aerosolove, emulzije, pjene i gel, dok se prema strukturi dijele na liofilne i liofobne koloide.

Neka svojstva koloida su:

- Tyndallov fenomen- optičko svojstvo raspršivanja svjetlosti na koloidnim česticama,
- Brownovo gibanje- toplinsko gibanje čestica izazvano slučajnim kolizijama koloidnih čestica i molekula tekućine,
- Sedimentacija- djelovanjem sile teže, uzgona i osmotskog tlaka na koloidne čestice dolazi do raspodjele čestica tako da je najveći broj na dnu, a prema vrhu taj broj opada,
- Električna svojstva- koloidne čestice imaju naboj i zbog tog naboja putuju u električnom polju.

Koloidni sustavi su široko rasprostranjeni u svim granama prehrambene industrije. Važni su u pripravi proizvoda i poluproizvoda od voća i povrća (umak od rajčice, senf, namazi, džemovi...), proizvodnji mlijeka i mliječnih proizvoda (vrhnje, maslac, mlijeko...), tehnologiji alkoholnih i bezalkoholnih pića (pivo, šampanjac, gazirana pića...), tehnologiji mesa i mesnih proizvoda (hladetina, mesna emulzija...), tehnologiji ulja (majoneza, margarin...) te konditorskoj i pekarskoj proizvodnji (kruh, kolači, keksi...).

Cilj ovog rada je definirati koloidne sustave, njihovu podjelu te opisati karakteristike i svojstva koloidnih sustava, strukturu koloida i njihovu primjenu u svakodnevnom životu.

2.TEORIJSKI DIO

2.1. Koloidni sustavi

Smjese se razlikuju po tome da li se sastoje od više faza (heterogene smjese) ili samo jedne faze (homogene smjese ili otopine). Pod fazom se podrazumijeva homogeni dio nekog sustava koji je odijeljen od ostalih dijelova sustava fizičkom granicom. Sustav u kojem je jedna ili više faza fino razdijeljena u drugoj fazi naziva se **disperzni sustav**. Faza koja je fino razdijeljena naziva se disperzna faza, dok je faza u kojoj se čestice disperzne faze raspršuju naziva disperzno sredstvo.

Disperzni sustavi se mogu podijeliti prema veličini i obliku dispergiranih čestica:

Podjela prema veličini dispergiranih čestica:

- a) Grubo- disperzni sustav- veličine čestica disperzne faze $> 10^2$ nm
- b) Koloidno- disperzni sustav- veličine čestica disperzne faze $1 - 10^2$ nm
- c) Molekulsko- disperzni sustav- veličine čestica disperzne faze < 1 nm

Podjela prema obliku dispergiranih čestica:

- a) Korpuskularno- disperzni sustav- čestice sfernog oblika
- b) Laminarno- disperzni sustav- čestice u obliku lamela i tankih listića
- c) Fibrilarno- disperzni sustav- čestice u obliku štapića i vlakana

Koloidni sustavi su, prema tome, podvrsta disperznih sustava u kojima je veličina čestica disperzne faze od 1 do 100 nm. Ovisno o karakteru disperzne faze i disperznog sredstva može se razlikovati nekoliko vrsta koloidnih sustava (Tablica 1).

-koloidne otopine ili solovi- sustavi u kojima je disperzno sredstvo tekućina, a disperzna faza krutina.

-emulzija- sustavi u kojima je tekućina sitno razdijeljena u drugoj tekućini. Primjer je mlijeko koje sadrži tekuće čestice masnoće fino raspršene u tekućoj fazi.

-prašina i dim- sustavi u kojima je kruta tvar raspršena u plinovitom disperznom sredstvu.

-magla- sustav u kojem je tekućina sitno razdijeljena u plinu.

-pjena- sustav u kojem je plin dispergirani u tekućoj ili krutoj tvari (Brdička, 1969).

Koloidni sustavi imaju vrlo široku primjenu i koriste se u proizvodnji lijekova, kozmetike, boja, prehrambenih proizvoda, poljoprivrednih proizvoda te pronalaze sve veću važnost u kemijskoj industriji, građevinarstvu, tehnologiji, farmaciji, agronomiji i medicini te mnogim drugim važnim područjima.

Tablica 1.Primjeri koloidnih sustava u svakodnevnom životu (Myers, 1999.)

Sustav	Tip sustava	Disperzna faza	Disperžno sredstvo
magla	tekući aerosol	tekućina	plin
dim	kruti aerosol	krutina	plin
pjena za brijanje	pjena	plin	tekućina
izolacijska pjena	kruta pjena	plin	krutina
mlijeko	emulzija	tekućina (masnoća)	tekućina (voda)
maslac	emulzija	tekućina (voda)	tekućina (masnoća)
boja	sol	krutina	tekućina
opal-kamen	sol	krutina	krutina
žele	gel	makromolekule	tekućina
tekući sapuni i detergensi	micelarna otopina	micele detergenta	tekućina

2.2. Opće karakteristike koloidnih sustava

2.2.1. Koloidne otopine ili solovi

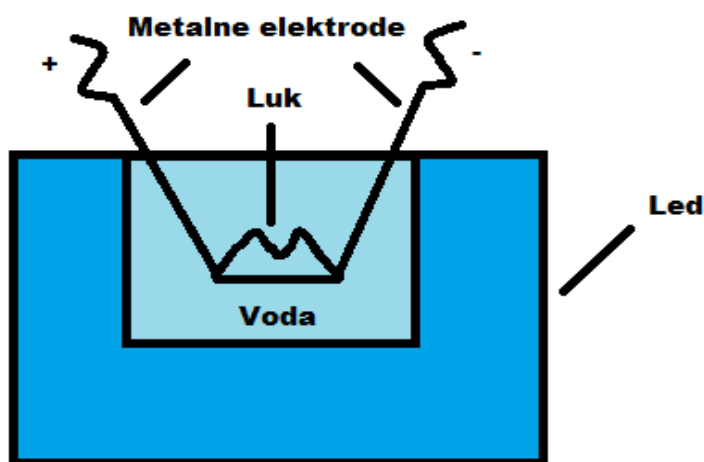
Različiti organski spojevi velike molekularne mase (proteini, polisaharidi, tanini i sl.) već prilikom otapanja u nekom prikladnom disperznom sredstvu stvaraju koloidne otopine. No ponekad za stvaranje anorganskih koloidnih otopina treba primijeniti specijalne metode kao što su

- metode disperzije,
- metode kondenzacije te
- metode električnog raspršivanja (Brdička,1969).

U metodama disperzije polazište je kruta faza u kojoj čestice imaju veće dimenzije od koloidnih. Te čestice se prikladnim postupkom prevode u manje čestice koloidnih dimenzija. Neki talozi ili grubo disperzne faze prelaze u koloidne otopine ako su prisutne neznatne količine peptizatora, elektrolita koji imaju zajednički anion s talogom te potpomažu peptizaciju. Također u ovu metodu spada i proces mehaničkog usitnjavanja krute faze do veličine koloidnih čestica. Provodi se na koloidnim mlinovima u kojima sustav nasuprotnih valjaka melje krutu fazu u vrlo sitan prah. Suspendiranjem praha u tekućini nastaje koloidna otopina kojoj se dodaju sredstva za stabilizaciju. Koriste se ioni elektrolita, koji se adsorbiraju na površini disperzne faze. Adsorpcijom iona, čestice disperzne faze dobivaju električni naboj koji ih održava raspršenima u otopini (Brdička,1969). Drugi mehanički postupak temelji se na disperziji ultrazvukom. Djelovanjem ove energije dolazi do raspadanja krutih tvari u tekućem mediju na sitne čestice te nastaju solovi (Brdička,1969).

U metodama kondenzacije polazi se od pravih otopina u kojima su čestice manjih dimenzija od koloidnih, a prevodi ih se agregacijom u čestice koloidnih dimenzija. Metode kondenzacije obuhvaćaju različite kemijske reakcije (redukcije, oksidacije, hidrolize itd.) pri kojima nastaje netopljiv produkt koji se ne taloži već ostaje koloidno u otopini (Brdička,1969).

Metoda električnog raspršivanja, poznatija kao Bredigova metoda sadrži i procese disperzije i procese kondenzacije. Temelji se na postupku uranjanja dvije metalne elektrode u vodu te se priključi istosmjerna struja. Kratkim doticajem i udaljavanjem elektroda stvara se pod vodom električni svjetlosni luk. Na visokoj temperaturi luka, metal prelazi u paru (disperzija), koja se zatim kondenzira u vodi u koloidne čestice (slika 1.). Ovim postupkom priređuju se solovi zlata, srebra i platine (Brdička,1969).

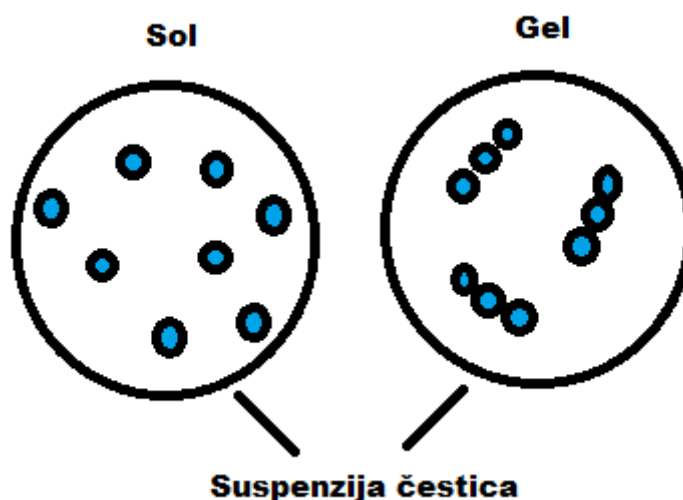


Slika 1. Metoda električnog raspršivanja po Bredigu

2.2.2. Gel

Viskoznost solova može dostići visoke vrijednosti te nastaje želatinozna masa koja se naziva **gel**. Gelovi se mogu pripremiti ohlađivanjem dovoljno koncentriranih solova. Zagrijavanjem gel ponovno prelazi u stanje otopine te stječe prvobitnu viskoznost. Sušenjem gelovi gube veći dio otapala, smežuraju se, ali ostaju elastični (kserogelovi). Dovedu li se ponovno u kontakt s otapalom dolazi do bubrenja i stvaranja želatinozne mase (liogelovi). Neki gelovi ne mijenjaju volumen u kontaktu s tekućinom te se zbog toga svojstva nazivaju neelastičnim gelovima (silikagel koji prima veliku količinu tekućine, a ne bubri). Uzrok tome je ulazak tekućine u gel kroz mnoštvo kapilarnih pora. Kod elastičnih gelova tekućina prodire kroz kapilarne prostore disperzne faze pri čemu elastične stijenke kapilara solvativiraju disperznu fazu. Mnogi gelovi smežuraju se pri dužem stajanju i dolazi do izlučivanja jednog dijela tekućine, a ta se pojava naziva sinereza. U posebnu vrstu pretvorbe solova u gelove spada pojava tiksotropije. Dolazi do brzog geliranja nekih solova ako miruju, a nakon

protresanja ili miješanja, viskoznost ovih gelova opada te se ponovno ponašaju kao solovi. Prevođenje sola u gel može se ponavljati neograničeno puta (slika 2) (Brdička, 1969).



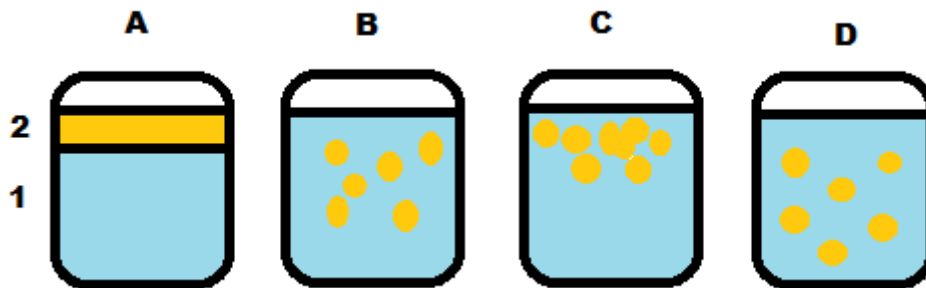
Slika 2. Prikaz pretvorbe sola u gel stanje

2.2.3. Emulzija

Emulzije su sustavi dvaju tekućina koje se ne miješaju i u kojima je jedna tekućina sitno raspodijeljena u drugoj. Razlikujemo emulzije ulja u vodi ili vode u ulju, a pod pojmom ulja podrazumijevaju se tekućine koje se ne miješaju s vodom. Emulzije se dobivaju mehaničkim mućkanjem, zajedničkom destilacijom tekućina, miješanjem alkoholnih ili acetonskih otopina s vodom i sl. Disperzne čestice emulzija vrlo su nepostojane, osobito pri većim koncentracijama disperzne faze. Da bi se omogućilo stvaranje emulzija ili povećala stabilnost, dodaju se emulgatori (slika 3) (Brdička, 1969).

Prema karakteru emulgatori se mogu podijeliti na 3 skupine:

1. Koloidni elektroliti: stabiliziraju uljne emulzije u vodi (alkalni sapuni, amonijeve i alkalne soli viših masnih kiselina, naftenska i sulfonska kiselina), mogu stabilizirati i vodene emulzije u uljima ako su kationi emulgatora ioni zemnoalkalijskih metala ili ioni teških metala.
2. Liofilni solovi: proteini (želatina, kazein, ovalbumin), polisaharidi (agar) i saponini emulgiraju ulja u vodi.
3. Sitno dispergirane krute tvari: bazični sulfati bakra, nikla, željeza ili kalcijev karbonat stabiliziraju emulzije ulja u vodi (Brdička, 1969).

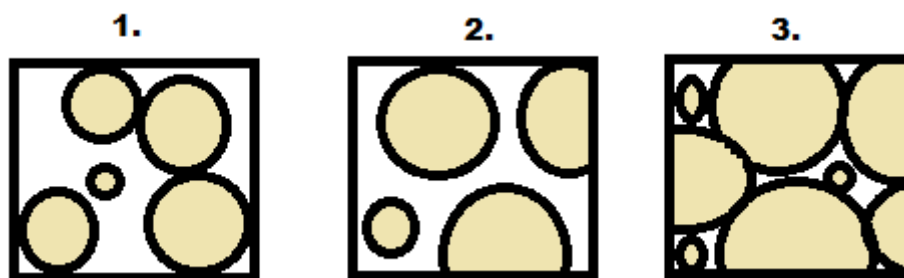


Slika 3. Utjecaj emulgatora na stabilnost emulzije: A- dvije faze koje se ne miješaju, B- faza 2 dispergirana u fazi 1, C- nestabilnost, D- dodatak emulgatora stabilizira emulziju.

Emulzije su nepostojane zato što kapljice disperzne faze i disperznog sredstva imaju veliku dodirnu površinu i veliku međupovršinsku napetost pa se ta napetost između faza nastoji smanjiti na minimum. Dolazi do aglomeracije pojedinih čestica pri termičkim sudarima u veće čestice, dok konačno ne dođe do odjeljenja faza. Stabilnost emulzija povećava se smanjenjem međupovršinske napetosti uz pomoć emulgatora (Brdička, 1969).

2.2.4. Pjena

Pjene (slika 4) su sustavi koji nastaju kada se rasprše plinovi u tekućinama na sitne mjehuriće. Pjene imaju definiranu strukturu i morfološki se mogu podijeliti u dvije skupine. Kuglaste pjene imaju strukturu koja se sastoji od široko razdvojenih mjehurića, dok se poliedarske pjene sastoje od mjehurića poliedarskog oblika. Pjena ima vrlo veliku važnost u industriji, koristi se kao pjena za gašenje požara, pjenasta izolacija, pjenasta guma te se koristi za proizvode poput pjena za brijanje, šlaga i mnogih drugih proizvoda u pekarskoj industriji. Primarna karakteristika pjena je vrlo mala gustoća. Lako se transportira i brzo se stvara dovoljna količina da prekrije veliko područje. Služi kao učinkovit mehanizam za uklanjanje topline iz sustava (Myers, 1999).



Slika 4. Stvaranje pjene

2.2.5. Aerosol

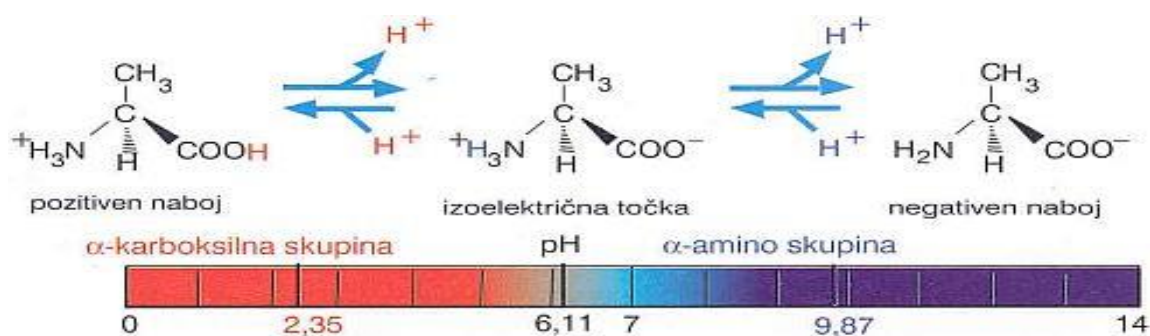
Aerosol predstavlja sustav u kojem je jedna faza tekuća ili kruta dispergirana u plinovitoj fazi. Ako je disperzna faza tekućina dispergirana u plinu, govori se o magli dok kod disperzije čvrste faze u plinu nastaje prašina ili dim. Aerosolovi imaju veliki tehnološki i prirodni značaj. Koriste se u postupcima premazivanja, gašenje požara, medicinskim tretmanima kod alergija i astme, kemijskim proizvodnim procesima itd. Prirodni aerosolovi su oblaci, velike nakupine kapljica vode ili kristalića leda koja se kreće kroz atmosferu, pelud u zraku, prašina i pijesak, magle uzrokovane metabolizmom biljaka, vulkanski oblaci sastavljeni od vode, sumporovog dioksida te drugih tekućih i krutih materijala (Myers,1999).

2.3.Struktura koloida

2.3.1.Liofilni koloidi

Liofilni koloidi su supstance koje pokazuju veliki afinitet prema disperznom sredstvu i sadrže zaštitni sloj molekula otapala. Da bi se istaložili potrebno je ukloniti zaštitni omotač. Taloženje je reverzibilno, jednom istaloženi koloidi u dodiru s otapalom mogu ponovno prijeći u koloidnu otopinu. Liofilni koloidi su polisaharidi, otopine proteina, želatina u vodi itd (Šeruga,1984).

Čestice liofilnih solova sastoje se od dva sloja. Prvi sloj čine dipolne molekule otapala koje se vežu na površinu čestice, na koje se nadovezuje drugi sloj molekula kojima je orijentacija narušena toplinskim gibanjem pa je taj sloj difuzni. Difuzni sloj zapravo predstavlja prijelaz između disperzne faze i otapala. Uklanjanjem difuznog sloja narušava se stabilnost sola. Kod nekih liofilnih solova stabilnost pospješuje električni naboj. Dodatkom organskih otapala čestice gube solvatni ovoj, ali ostaju u otopini uz pomoć električnog naboja. Električni naboj ima znatno stabilizacijsko djelovanje. Primjer takvih liofilnih koloida su proteini. Proteini su kompleksne molekule građene od aminokiselina koje sadrže kisele i bazične grupe. Ako je disperzno sredstvo kiselo, protein prima proton i poprima pozitivan naboj jer se prema kiselini ponaša kao baza (slika 6). U alkalnom mediju protein poprima negativan naboj otcjepljivanjem protona (slika 6). Prilikom unutarnje neutralizacije kiselih i bazičnih skupina pri određenom pH, gube se naboji i protein se nalazi u izoelektričnoj točki. Dolazi do najlakšeg taloženja proteina (Brdička,1969).



Slika 6. Prikaz naboja aminokiseline alanina s obzirom na pH medija u kojem se nalazi (<https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1265/index3.html>)

2.3.2.Liofobni koloidi

Liofobni koloidi ne pokazuju afinitet prema disperznom sredstvu i nemaju zaštitnog omotača. Između disperzne tvari i sredstva ne postoje interakcije. Manje su stabilnosti te se lako talože već s malim količinama elektrolita. Taloženje je ireverzibilno, tj. koloidi ne mogu pod utjecajem otapala ponovno prijeći u koloidnu otopinu (Šeruga, 1988).

Ovoj skupini koloida pripadaju koloidi metala (srebra, zlata), koloidi metalnih sulfata, metalnih hidroksida i metalnih oksida, želatina u alkoholu itd. (Šeruga,1988).

Liofobni solovi sadrže unutarnji i vanjski dio. Unutarnji dio se naziva neutralni dio, dok se dio na površini neutralnog dijela naziva ionogeni dio (elektrolit koji ima zajednički ion s neutralnim djelom čestice te daje električni naboj). Ionogenom dijelu pripada i druga skupina iona koja disocira i difuzno je razdijeljena oko središnjeg dijela. Ova grupa iona ima suprotan naboj od iona koji nabijaju te se nazivaju suprotni ioni. Slično se mogu vezati i drugi ioni silama adsorpcije te se ti ioni nazivaju ioni koji nabijaju. Glavni uzrok stabilnosti liofobnih solova proizlazi iz svojstva da električni naboji održavaju inače netopljive čestice u otopini. Smanjenjem tog naboja (dodatkom elektrolita) dolazi do agregacije i flokulacije čestica. (Brdička,1969).

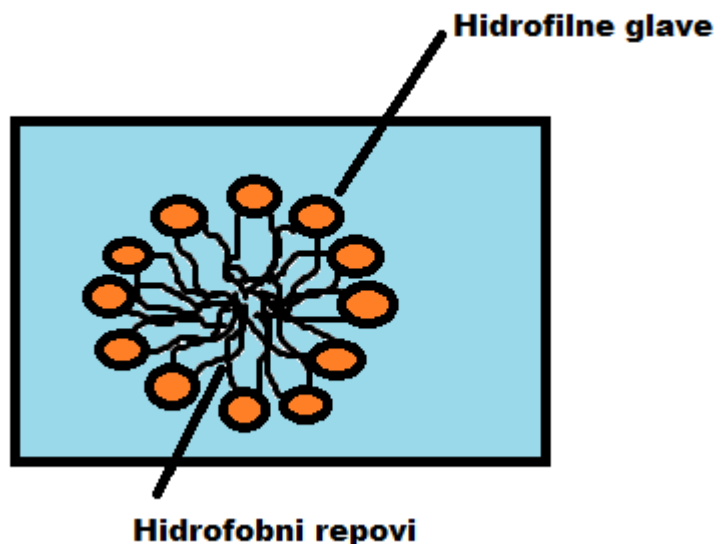
2.3.3.Amfipatični ili asocirani koloidi

Asocirani ili amfipatični koloidi sastoje se od stotina ili tisuća udruženih molekula koje imaju afinitet i za polarna i za nepolarna otapala. Tipičan primjer ovih koloida su površinski aktivne tvari ili tenzidi.

Tenzidi (slika 7) su spojevi koji otopljeni u vodi smanjuju sile na granici faza smanjujući površine graničnih ploha. Njihovo djelovanje opisuje se kao posljedica interakcija polarnih krajeva tenzida s polarnim molekulama i nepolarnih krajeva tenzida s nepolarnim

molekulama. Primjenjuju se kao detergents, sredstva za formiranje filma, disperzanti i emulgatori.

(https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/KOLOIDI_1_DIO_PREDAVANJE_studenti_2013-2014.pdf).

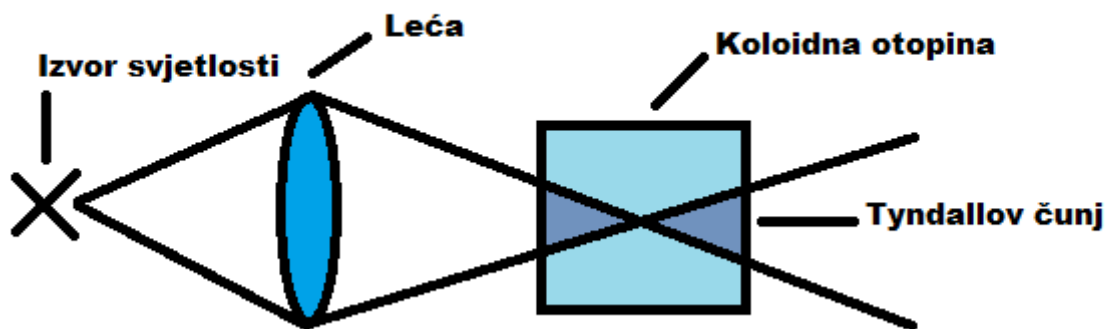


Slika 7. Prikaz perifernih interakcija tenzida: hidrofilne glave okreću se prema vodenoj otopini dok su hidrofobni repovi okrenuti u unutrašnjost prema nepolarnim otopinama.

2.4. Svojstva koloidnih otopina

2.4.1. Tyndallov fenomen

Tyndallov fenomen je optičko svojstvo koloida. To je svojstvo raspršivanja svjetlosti na česticama koloidnih dimenzija. Ako se svjetlost propušta kroz koloidnu otopinu, svjetlost se raspršuje na tim česticama. Tada koloidna otopina gledana okomito na upadnu zraku, izgleda zamućeno. Isto tako ako se otopina promatra ultramikroskopom, okomito prema upadnoj zruci svjetlosti, moguće je vidjeti same čestice zbog raspršivanja svjetlosti na njima (slika 8). Tyndallov fenomen opaža se i u zamračenoj sobi u kojoj su prisutne čestice koloidne prašine u koju prodire sunčeva svjetlost. Zapravo se ne vide same čestice, nego svjetlost koja je raspršena po njihovoj površini (slika 9) (Šeruga, 1988).



Slika 8. Prikaz Tyndallovog fenomena



Slika 9. Primjer Tyndallovog fenomena u prirodi

(<http://wikiminiforchem.blogspot.com/2014/10/properties-of-sols.html>)

2.4.2. Brownovo gibanje

Koloidne čestice promatrane ultramikroskopom kako lebde u disperznom sustavu pokazuju Brownovo gibanje, izazvano toplinskom energijom čestica (slika 10). Ovo gibanje prvi je zamijetio R. Brown opisavši 1827. godine u svom radu nepravilno gibanje zrnaca peludi. Kasnije je ponovio istraživanje na zrcima prašine te dokazao da gibanje ne može biti uzrokovano time da su čestice žive (Brdička, 1969). Koloidne čestice prave male pravocrtnne pomake u svom gibanju. Razlog takvog gibanja je disperzija koloidnih čestica u disperznom sredstvu uz pomoć slučajnih kolizija s drugim atomima ili molekulama. Zbog kolizija s molekulama tekućine, koloidne čestice se pomiču kroz otapalo u nejednolikom gibanju (Jakobek, 2014.)

Djelovanje okolnih molekula na česticu je dvojako:

- zbog neuravnoteženog udaranja pojavljuje se nasumična sila koja dovodi do gibanja čestice,
- ali također pojavljuje se sila trenja jer gibajuća čestica preko sudara prenosi dio kinetičke energije nazad na molekule.

(http://grdelin.phy.hr/~ivo/Nastava/StatistickaFizika/predavanja/10_pred_print.pdf)



Slika 10. Prikaz Brownovog gibanja

2.4.3. Sedimentacija

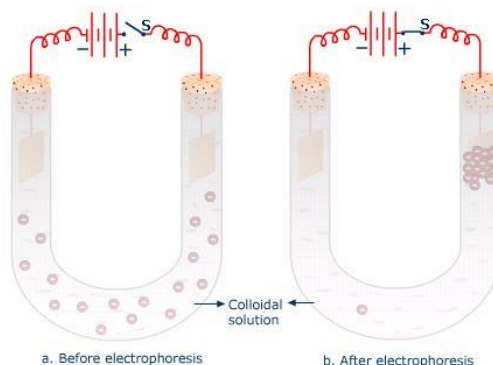
Prilikom djelovanja sile teže, uzgona i osmotskog tlaka na koloidne čestice u nekoj koloidnoj otopini nastaje sedimentacijska ravnoteža. Najveći broj čestica prisutan je na dnu dok prema vrhu taj broj opada. Odnosi su analogni i u zraku, manje je čestica prema gornjim slojevima atmosfere (Jakobek, 2014).

Uz pomoć sedimentacije moguće je odrediti molarnu masu koloidnih čestica. To se postiže povećanjem sedimentacije djelovanjem nekom jačom silom na koloidne čestice (npr. centrifugalnom silom umjesto sile teže). T.Svedberg je na tom principu izumio metodu koja se provodi tako da se koloidna otopina stavi u malu kivetu s kvarcnim prozorima, a kiveta se umetne u metalni rotor koji se vrti oko horizontalne osi. Na mjestu gdje je kiveta nalaze se izrezi tako da se tijekom rotacije mogu pratiti raspodjele koloidnih čestica (Brdička, 1969).

2.4.4. Električna svojstva

Koloidne čestice imaju svoj naboj i pokazuju određena električna svojstva. Čestice istih naboja se odbijaju sprječavajući udruživanje čestica i taloženje što dovode do stabilizacije koloida. Zbog naboja čestice putuju u električnom polju (slika 11) te se to gibanje

naziva elektroforeza. Pozitivne čestice putovat će prema negativnoj elektrodi, a negativne čestice prema pozitivnoj elektrodi (Jakobek,2014).



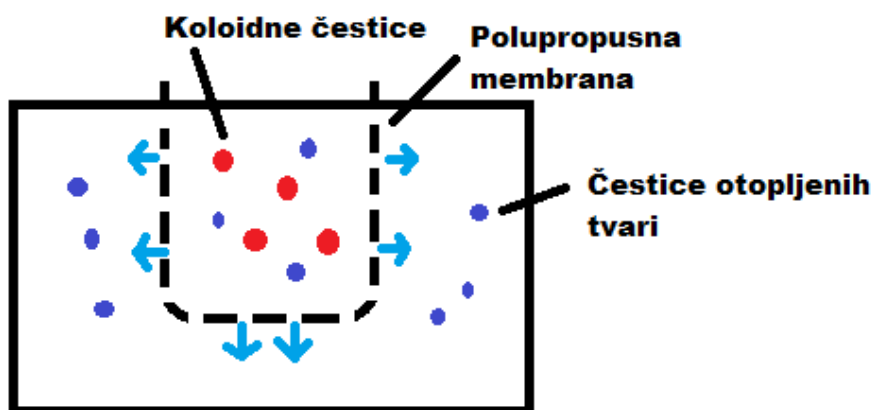
Slika 11. Prikaz kretanja koloidnih čestica pod utjecajem električnog polja

(<http://www.askiitians.com/iit-jee-chemistry/physical-chemistry/surface-chemistry/properties-of-colloids.html>)

2.5. Metode odvajanja koloidnih čestica od pravih otopina

2.5.1.Dijaliza

Koloidne čestice ne prolaze kroz životinjske membrane, pergament, celofan i slično. Odjeljivanje koloidnih čestica od čestica manjih dimenzija temelji se na vrlo malenoj brzini difuzije koloidnih čestica nasuprot manjim česticama koje su brže. Različita brzina difuzije može se koristiti kao osnova za odjeljivanje čestica koje su sastavni dio prave otopine iz koloidnih otopina. Ova metoda se naziva dijaliza. Ako se uklanja elektrolit, proces dijalize može se ubrzati električnom strujom. Ta vrsta dijalize naziva se elektrodijaliza (Brdička, 1969).

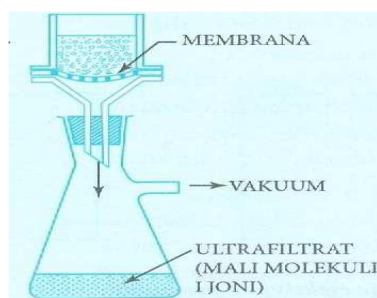


Slika 12. Prikaz prolaska čestica otopljenih tvari kroz polupropusnu membranu

2.5.2. Ultrafiltracija

Membrane s vrlo sitnim porama prikladne su za čišćenje i obogaćivanje koloidnih otopina. Membrane se ponašaju kao filtri prema koloidima. Kako bi se postiglo brže prolaženje tekuće faze iz otopine koloida, vrši se pritisak (tlačenje na koloidnu otopinu) ili se otopina usisava s druge strane membrane. Ovaj postupak naziva se ultrafiltracija (slika 14). Membrane za ultrafiltraciju su znatno sitnijih pora od običnog papira za filtraciju, koji propušta sve koloidne otopine (Brdička, 1969).

Veličina pora ovisi o upotrijebljenom papiru i koncentraciji otopine koja je upotrijebljena za impregnaciju. Tako je moguće dobiti ultrafiltre pomoću kojih se koloidna otopina ne samo očistiti od otopljenog materijala, već se i razdvaja na frakcije koje sadrže različite veličine čestica. Poznavanjem dimenzija pora određuje se približna procjena veličina čestica (Glasstone, 1967).



Slika 14. Uređaj za ultrafiltraciju

(<http://supa.pharmacy.bg.ac.rs/assets/27705>)

2.6. Koagulacija- taloženje koloida

Ako se želi istaložiti koloid, potrebno je povećati dimenziju koloidnih čestica. To se postiže smanjenjem električnog naboja kod liofobnih koloida ili se kod liofilnih oduzme ovoj otapala. Koagulacija se postiže dodavanjem koagulatora kao što su elektroliti ili koloidi suprotnog naboja ili dodavanjem dehidratacijskog sredstva. Također do koagulacije može doći i pod utjecajem nekog fizikalnog faktora (svjetlosti, električne struje, topline ili mehaničke energije) (Šeruga, 1988).

2.6.1. Koagulacija dodavanjem elektrolita

Koagulacija dodavanjem elektrolita najefikasnija je i najčešće korištena metoda. Otopine dodavanog elektrolita sadrže suprotno nabijene ione koji privlače koloidne čestice. Zbog toga njihov naboj nestaje ili se smanjuje i dolazi do nakupljanja manjih čestica u veće,

koje se talože. Vrlo važnu ulogu u koagulaciju imaju valencija i kemijska priroda iona. Objašnjenje utjecaja valencije pronalazi se u Hardy-Schulzovu pravilu koje kaže da ekvimolarne otopine koagulacijskih iona imaju različitu moć koagulacije. Tako divovalentni ioni talože određenu količinu koloida sto puta bolje od jednovalentnih dok trovalentni ioni talože određenu količinu koloida tisuću puta bolje od jednovalentnih. Utjecaj kemijske prirode na moć taloženja opisao je Hofmeister. Ioni iste valencije mogu imati različit radijus i ne djeluju isto na koagulaciju. Kako opada radijus iona tako raste moć taloženja (Šeruga, 1988).

2.6.2. Koagulacija dodavanjem drugog koloida suprotnog naboja

Miješanjem dva sola istoga naboja ne dolazi do nikakvih pojava pod uvjetom da ne dolazi do kemijske reakcije, ali miješanjem solova koji nose suprotan naboj može doći do uzajamnog taloženja. Iz eksperimenata proizlazi da se solovi u ovakvim slučajevima ponašaju slično elektrolitima. Uzrok flokulacije je vjerojatno električno djelovanje između iona koji izgrađuju dvostruke slojeve solova (Glasstone, 1967).

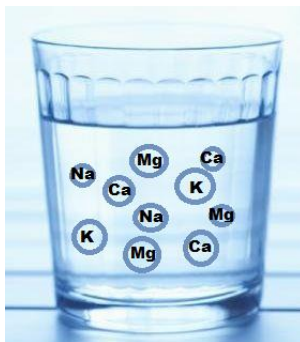
2.6.3. Koagulacija liofilnih koloida

Do koagulacije liofilnih koloida dolazi dodavanjem dehidratijskog sredstva pri čemu se uklanja zaštitni omotač. Moguće je dodavanje indiferentnog elektrolita u suvišku koji će djelovati kao dehidratijsko sredstvo pri čemu koloidne čestice teže agregaciji. Čestice mogu poprimiti i liofobna svojstva te se talože dodatkom elektrolita (Glasstone, 1967).

2.7 Koloidni sustavi u prehrambenoj industriji

Koloidni sustavi su od neizmjerne važnosti za prehrambenu industriju te su prisutni u svim granama i tehnologijama vezanim uz proizvodnju hrane. Hrana se može nalaziti u bilo kojem obliku koloidnog sustava osim aerosola odnosno dima i magle u kojem ne može biti prisutna. Neki od najvažnijih primjera koloida u prehrambenoj industriji su:

Koloidne otopine- sustavi u kojim je disperzna faza krutina dok je disperzno sredstvo tekućina. Primjer ovog sustava su otopina minerala i vitamina u vodi...



Slika 15. Prikaz koloidne otopine minerala u vodi

Pjena- sustav u kojem je plin dispergiran u tekućoj ili krutoj fazi. Primjer tekućih pjena su bjelanjak od jaja, šlag, pivska pjena dok su sladoled, kruh, kolači primjer krutih pjena.



Slika 16. Primjer pjene- pivska pjena

http://hranom-do-zdravlja.blogspot.hr/2014_06_01_archive.html

Gel- želatinozna masa dobivena hlađenjem koncentriranih solova. Primjer su želatina, pektin, agar, žele, džem...



Slika 17. Primjer gela- Džem od jagoda

<http://www.gastronomija.hr/dzem-od-jagoda/>

Emulzija- sustav u kojem je jedna tekućina razdijeljena u drugoj, a da se pritom ne miješaju. Primjer su majoneza, mlijeko, vino, ocat kao tekuće emulzije dok su krute emulzije maslac i sir.



Slika 18. Prikaz vina kao emulzije etanola u vodi

<http://www.bh-index.com/vino-i-slatkisi-nemaju-isti-ucinak-na-tjelesnu-tezinu/>

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenih teorijskih osnova, karakteristika i svojstava u završnom radu, došlo se do sljedećih zaključaka:

- Koloidni sustavi pripadaju disperznim sustavima čije su čestice veličine od 1 do 100 nm,
- sastavljeni su od disperzne faze koja je fino razdijeljena u disperznom sredstvu
- prema svojstvima disperzne faze i disperznog sredstva koloide se može podijeliti na koloidne otopine ili solove, krute ili tekuće aerosolove, gelove, emulzije ili pjene,
- prema strukturi ih se dijeli na liofilne i liofobne koloide,
- najvažnija svojstva koloidnih čestica su Tyndallov fenomen, Brownovo gibanje, sedimentacija i električna svojstva,
- od pravih otopina moguće ih je odvojiti metodama dijalize i ultrafiltracije,
- jedno od najvažnijih svojstva koloidnih čestica je koagulacija odnosno taloženje koloida koja se postiže dodavanjem elektrolita, dodavanjem koloida suprotnog naboja ili dodavanjem dehidrationskog sredstva,
- važni su u svim granama industrije, koriste se u proizvodnji lijekova, kozmetike, boja, poljoprivrednih proizvoda, građevinskih materijala, a posebnu ulogu imaju u prehrambenoj industriji.

4.LITERATURA

1. Brdička, R. Osnove fizikalne kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1969.
2. Filipović, I., Lipanović, S. Opća i anorganska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1987.
3. Glasstone, S. Udžbenik fizičke hemije, Naučna knjiga, Beograd, 1967.
4. Jakobek, L. Predavanja - fizikalna kemija, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014.
http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Fizikalna_kemija/2013-2014/2%20dio%20predavanja/14.%20Kemijska%20kinetika2,%20koloidna%20kemija.pdf
5. Myers, D. Surfaces, Interfaces and Colloids, Principles and Applications, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
6. Šeruga, M. Laboratorijske vježbe iz fizikalne kemije, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 1988.
7. <https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1265/index3.html>)
8. <http://www.askiitians.com/iit-jee-chemistry/physical-chemistry/surface-chemistry/properties-of-colloids.html>)
9. <http://supa.pharmacy.bg.ac.rs/assets/27705>)
10. <http://wikiminiforchem.blogspot.com/2014/10/properties-of-sols.html>)
11. http://grdelin.phy.hr/~ivo/Nastava/StatistickaFizika/predavanja/10_pred_print.pdf)
12. https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/KOLOIDI_1_DIO_PREDAVANJE_studenti_2013-2014.pdf).
13. http://hranom-do-zdravlja.blogspot.hr/2014_06_01_archive.html
14. <http://www.gastronomija.hr/dzem-od-jagoda/>
15. <http://www.bh-index.com/vino-i-slatkisi-nemaju-isti-ucinak-na-tjelesnu-tezinu/>